

# **ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ С 1...5 % ХРОМА**

***Есаулков А. А.***

*Руководитель – доцент, к.т.н. Хотинов В. А.*

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого  
Президента РФ Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург  
timoha19\_91@list.ru

Добыча полезных ископаемых, в частности нефти и газа, в современном мире связано с известными трудностями. Условия, в которых она проводится, требуют от производителя трубной продукции повышенной хладостойкости и коррозионной стойкости от металла труб, а также высоких прочностных характеристик для работы в условиях высокого давления. Научная разработка новых марок стали, свойства которых удовлетворяют данные требования, ведется постоянно.

На сегодняшний день руководители подразделений ОАО «Трубная металлургическая компания» активно обсуждают проблему разработки конструкционных материалов для производства коррозионно-стойких труб из сталей с содержанием хрома 1...5 %, в основе которой лежит воздействие углекислотной коррозии на свойства металла труб. В ходе многочисленных промысловых испытаний было установлено, что стали с содержанием хрома до 1 % достаточно быстро (менее 300 суток) выходят из строя при работе в среде, содержащей углекислый газ. Стали с содержанием хрома 13 % достаточно стойки к углекислотной коррозии, однако их использование экономически нецелесообразно, так как себестоимость трубной продукции при этом очень высока.

В связи с этим целью настоящей научно-исследовательской работы являлось изучение влияния химического состава сталей с содержанием хрома 1...5 % с более низкой себестоимостью на комплекс их механических свойств и коррозионную стойкость. Известно, что стали с таким содержанием хрома, обладают достаточной коррозионной стойкостью в средах с повышенным содержанием углекислого газа и сероводорода. По механическим свойствам эти стали должны соответствовать требованиям группы прочности L80 тип 1 стандарта API 5CT:

Предел текучести  $\sigma_{0,2} = 552...655$  МПа;

Временное сопротивление  $\sigma_b \geq 655$  МПа;

Относительное удлинение  $\delta \geq 19$  %;

Ударная вязкость  $KCV^{-60} \geq 50$  Дж/см<sup>2</sup>;

Твердость после закалки  $\geq 32$  HRC (минимум 50 % мартенсита)

Твердость после улучшения  $\leq 23$  HRC

Исследование марок стали с содержанием хрома 1...5 % состоит в следующем:

1) Изучение влияния химического состава на склонность к разупрочнению при отпуске.

Легирующие элементы в исследуемых сталях меняются в следующих пределах:

Cr = 1,15...4,94 %;

Cu = 0,30...0,39 %;

Ni = 0,14...0,63 %;

V = 0,005...0,053 %;

Mo = 0,016...0,20 %.

Содержание остальных легирующих элементов менялось незначительно.

Образцы каждой марки стали подвергались закалке от 900 °C (выдержка 40 минут, охлаждение в воде) с отпуском при различных температурах в интервале 580...740 °C (согласно стандарту API 5CT минимальная температура отпуска для группы прочности L80 тип 1 составляет 566 °C). Каждый образец отпускали при заданной температуре в течение 15 минут (охлаждение в воде) четыре раза, после каждого измеряли твердость по Роквеллу. По итогам строились временные кривые разупрочнения.

2) Изучение влияния легирующих элементов на склонность к перегреву.

Образцы каждой марки стали подвергались отжигу, при температурах 900...1000 °C. Анализ микроструктуры с использованием оптической металлографии показал влияние температуры аустенитизации на размер зерна для каждого химического состава.

3) Проведение механических испытаний исследуемых сталей и анализ полученных результатов.

В ходе анализа результатов дюрометрического исследования путем отбора значений твердости 18...23 HRC для получения высокой конструкционной прочности были выбраны оптимальные режимы термической обработки для каждой стали. Далее были отобраны те режимы, в результате которых механические свойства исследуемых сталей удовлетворяли требованиям группы прочности L80 тип 1 стандарта API 5CT (см. выше).

4) Проведение коррозионных испытаний исследуемых сталей и анализ полученных результатов.

По результатам механических испытаний исследуемых сталей образцы каждой марки подвергались режиму термообработки, обеспечивающему наилучший комплекс механических свойств, а затем

использовали его в коррозионных испытаниях. Испытания проводили по методике СТО РосНИТИ 00190420-001-2007 в автоклавной установке, в 5 %-ном растворе хлорида натрия в дистиллированной воде, насыщенном углекислым газом (рН раствора не превышает 5,3) в течение 96 часов.